

Informātika

UDK 37.01:007+371.3+378.147+519.6+681.3.06

L. Burlakovs, B. Cilevičs, S. Pavlovs

PAR INTEGRĒTO DABASZINĀTŅU KURSA IZSTRĀDI UZ MODELĒŠANAS METODOLOĢIJAS BĀZES

IEVADS

Problēmas aktualitāti nosaka šodien esošo tautas izglītības struktūru neefektivitāte, to nespēja pilnvērtīgi sagatavot nākošos sabiedrības locekļus. Pēdējā laikā spilgti izgaismojas izglītības satura, metodisko un organizatorisko formu neatbilstība objektīvajam sociālajam pieprasījumam. Tas saistīts ar izmaiņām, kuras pašreiz strauji noris pašā sabiedrībā: ideoloģisko stereotipu laušana, kuri noteica visas sabiedrības dzīves jomas; virzīšanās uz normālām ekonomiskām un organizatoriskām struktūrām ražošanas, kultūras, zinātnes sfērās; pirmie soļi iekļaušanai pasaules civilizētajā sabiedrībā un pieslēgšanās mūsdienu postindustriālās informatīvās sabiedrības attīstības tendencēm. Visi šie faktori nosaka esošās izglītības sistēmas kardinālas izmaiņas nepieciešamību. Viss minētais tieši attiecas uz skolas dabaszinātņu kursu, kurš iekļauts jaunajos eksperimentālajos mācību plānos [1; 2].

Mūsdienu apstākļiem adekvāta izglītības satura izstrāde prasa, atšķirībā no organizatoriskām izmaiņām, pietiekami ilgstošus un nopietnus pētījumus, kā arī speciālistu darbu dažādās jomās: psiholoģijā, teorētiskajā pedagoģijā, metodikā, filozofijā, dizainā, informātikā un programmēšanā, priekšmetu nozarēs (fizikā, ķīmijā, matemātikā, bioloģijā u. c.). Būtiska šī darba sastāvdaļa (bez paša apmācības satura) ir apmācības informatīvajām tehnoloģijām raksturīgu formu, metožu un metodiku, kā arī nepieciešamā metodiskā nodrošinājuma izstrāde (metodiskie līdzekļi, mācību grāmatas, uzdevumu krājumi, praktikumi, skaitļotāja didaktiskie līdzekļi (SDL) u. c.).

APMĀCĪBAS SATURA PROBLĒMAS

Pieeju dabaszinātņu apmācības satura problēmai attīstītajās valstīs raksturo virkne faktoru:

— liela izglītības organizatorisko struktūru (valsts un privāto) daudzveidība, un, kā sekas, plaša mācību programmu un kursu variēšanas pakāpe;

— tradicionāli augsts apmācāmo patstāvības līmenis visās izglītības sistēmas pakāpēs;

— augsts izglītības sistēmas nodrošinājuma līmenis ar tehniskajiem mācību līdzekļiem, konkrēti ar personālajiem skaitļotājiem, kā arī «skolas» tipa personālo skaitļotāju zemās cenas un pieejamība mājas apstākļos;

— plašs piedāvājums un augsts konkurences līmenis programmnodrošinājuma tirgū, t. sk. SDL (taču jāatzīmē vairuma mācību programmlīdzekļu scenāriju psiholoģiskas un pedagoģiskas izstrādes zemais līmenis).

Īpaši jāatzīmē Peiperta [3] un viņa sekotāju konceptuālā pieeja, izstrādājot LOGO apmācības vidi, kura pamatojas uz Piažē psiholoģiskajām un pedagoģiskajām koncepcijām.

Kopumā var konstatēt, ka rietumu pētnieki galvenokārt akcentē metodikas, tehniskos līdzekļus un programmnodrošinājumu, neveltot pietiekami daudz uzmanības apmācības saturam, kurš paredz ierobežotu apmācības informatīvo tehnoloģiju iekļaušanu apmācībasursos.

Sakarā ar izglītības reformu īstenošanu PSRS pēdējos gados tiek izstrādātas jaunas apmācības satura un eksperimentālo mācību plānu programmas, piemērotas izglītības informatizācijas apstākļiem [4—6]. Ar integrēto kursu izstrādi (t. sk. dabaszinātņu) nodarbojas vairākas pētnieku grupas dažādās iestādēs, šai problēmai ir veltīts ne mazums publikāciju, kas parādījušās pēdējos gados [7—10], īpaši jāatzīmē tāda mūsdienu izglītības (t. sk. dabaszinātņu) attīstības tendence kā humanitārizācija [11; 12].

DABASZINĀTŅU KURSA SATURA IZVEIDES VISPĀRĪGIE PRINCĪPI

Pārejas objektivitāte no tehnoloģiskās sabiedrības uz informatīvo (sociāli ekonomiskās situācijas izmaiņas, masveidīga darba inženierizācija un intelektualizācija), ko pavada citi sociālie procesi (atbrīvošanās no dogmām un sabiedrības totālas ideoloģizācijas, uzņēmējstruktūru masveidīgas parādīšanās neizbēgamība), izvirza darbiniekam jaunas prasības, kas nosaka nepieciešamību pārskatīt izglītības mērķus. No darbinieka tiek prasīta ne tik daudz prasme izpildīt gatavu «algoritmu», kā konstruēt pašu «algoritmu» vai pat patstāvīgi formulēt uzdevumu, pie kam norādītās darba rakstura izmaiņas noris ne tikai «tradicionālajā» rūpnieciski tehnoloģiskajā jomā.

Izglītības rezultātam jābūt nevis atsevišķu darbības veidu apgūšanai, bet līdzekļu apgūšanai, kuri atļauj pastāvīgi apgūt jaunus darbību veidus. Par absolventa gatavības kritēriju jākalpo nevis iegūto zināšanu summai, bet apgūto zināšanu ieguves metodoloģijai.

Reizē ar izmaiņām apmācību saturā nepieciešamas arī izmaiņas mācību darba organizācijā. Šādā situācijā kļūst nepieciešams nevis skolotājs-«zināšanu avots», bet skolotājs-«dispečers», jaunu zināšanu iegūšanas procesa organizators. Skolēnu aktīva mijiedarbība ar apgūstamo priekšmetu dod iespēju pāriet uz principiāli jaunu individuālās apmācības līmeni. Skolēna un skolotāja mijiedarbībā pirmajā vietā izvirzās cilvēciskā saskarsme, kas atbilst izglītības humanitārizācijas vispārējām tendencēm. Par vienu no svarīgākajām skolotāja funkcijām kļūst garīgās darbības kultūras un iemaņu organizācijas audzināšana.

Mūsdienu integrētajam dabaszinātņu kursam jādod skolēniem iespēja izglītības etapa sākumā pirmām kārtām noformēt priekšstatu par apkārtējās vides izziņas un izpētes metodēm un formām, pasaules zinātnisko ainu, dabaszinātnei (gan kopumā, gan atsevišķām tās disciplīnām) specifiskajām pieejām realitātes izpētei; jāpalīdz formēt personiskais priekšstats par cilvēka lomu un vietu uz Zemes un Visumā. Kurša saturam jāveidojas, balstoties uz sekojošiem principiāliem slēdzieniem:

— nepieciešamība apmācāmajam pieejamā līmenī izvirzīt un bez aizspriedumiem apspriest virkni filozofisku (gnozeoloģisku) problēmu, kas saistītas ar dabaszinātnisko likumsakarību izziņu cilvēka darbības procesā, ar cilvēces evolūciju, ar izziņas metožu specifiku (mitoloģiskā, reliģiskā, dabaszinātņu, literārā u. c.);

— nepieciešamība sistemātiski apgūt zināšanu iegūšanas metodoloģiskās pieejas un «tehnoloģijas» kopīgās pasaules ainas formēšanas procesā, ieskaitot matemātiskās modelēšanas, sistēmpieejas, skaitļošanas eksperimenta pamatu apgūšanu, samazinot prasīto faktiskā materiāla deklaratīvo zināšanu apjomu [13];

— nepieciešamība kursa programmas forsēšanā ņemt vērā izveidojušos informatīvo apmācības tehnoloģiju, kā arī skaitļotāja kā izziņas instrumenta un skolēnu mācību pētnieciskās darbības organizēšanas līdzekļa iespējas, apgūstot hierarhisko attīstošos apkārtējās pasaules modeļu sistēmu;

— nepieciešamība jauna apmācības satura un tehnoloģijas izstrādāšanā ņemt vērā psiholoģiski pedagoģisko pētījumu rezultātus, t. s. prāta darbības plānveidīgas formēšanas koncepciju, mācību darbības koncepciju, kultūru dialoga skolas koncepciju u. c. [14; 15];

— ar sistēmas «cilvēks — apkārtējā vide» funkcionēšanu, ar ekoloģiskās («zaļās») domāšanas attīstību saistītas problemātikas akcentēšana.

4.—5. klasēs integrētais kurss «Dabaszinātnes» kalpo par alternatīvu tradicionālajam kursam «Dabasmācība» (tomēr mērķtiecīgu apmācību, iespējams, vajag sākt jau no 1. klases). Integrētais kurss neparedz atteikšanos no priekšmetu apmācības — kurss jāturpina arī pie diferencētas dabaszinātņu cikla priekšmetu apmācības 6.—12. klasēs (ar nepieciešamo priekšmetu kursu mācību un tematisko plānu korekciju), akcentējot tā filozofisko, kulturoloģisko, metodoloģisko virzību, zinību iegūšanas «tehnoloģiju», apgūstot sistēmanalīzi un skaitļošanas eksperimenta metodoloģiju. Tātad, ja 4.—7. klasēs «Dabaszinātņu» kurss ir integrēts, tad vecākajās klasēs to var nosaukt par citās dabaszinātņu disciplīnās iegūtas zināšanas integrējošu. Teiktais mazākā mērā attiecas uz vecākajām klasēm ar humanitāro specializāciju, kurām «Dabaszinātņu» kurss praktiski var būt vienīgais dabaszinātņu priekšmets un tam jābūt ar kulturoloģisku dominanti.

Sājā kontekstā iespējama problēmu un daļēju meklēšanas apmācības metožu realizācija un lietošana, t. i., dabaszinātne vecākajās klasēs var būt kursu cikla veidā par konkrētām kompleksām problēmām. Paredzēts, ka komplekso programmu aplūkošanas grupas veidojas no vecāko klašu skolēniem ar dažādu specializāciju. Kā šādas kompleksas problēmas piemēru var minēt «Atomenerģētikas perspektīvas Latvijā», «Baltijas jūras baseina attīstības problēmas» u. c. Šādā apmācības procesā patstāvīga vērtība ir iemaņu iegūšanai skolēnu saskarsmē ar citu specializāciju pārstāvjiem, dažādu redzes viedokļu un pieeju saskaņošanas process, kopēji risinot problēmu.

MODELĒŠANA KĀ DABASZINĀTŅU KURSA IZVEIDES METODOLOĢISKA BĀZE

Piedāvātās pieejas metodoloģiskā bāze ir modeļa jēdziens, ko saprot visplašākajā nozīmē. Pie tam modelēšana ir kā:

— apmācāmā darbības visaktīvākā forma;

— visadekvātākā objektīvi un subjektīvi jaunu zināšanu iegūšanas metodoloģija dabaszinātnēs;

— sākotnēja skaitļotāja pielietošanas sfēra, atgriešanās pie kuras ļauj kvalitatīvi paaugstināt skaitļotāja izmantošanas efektivitāti mācību procesā.

Modelēšana kā zināšanu ieguves metode ļauj principiāli atrisināt starppriekšmetu sasaistes problēmu, tā kā atšķirības starp priekšmetu disciplīnām ir tikai atšķirības starp vienota priekšmeta

— Visuma visā tā daudzveidībā — izpētes metodēm. Atkarībā no aplūkojamā objekta un nepieciešamā matemātiskā aparāta sarežģītības var tikt pielietoti dažāda veida modeļi, kas pieejami apmācāmajam, t. sk. aprakstošie (verbālie), fiziskie, matemātiskie u. c.

Kopumā dabaszinātņu kursu veido kā mijiedarbojošos modeļu sistēmu, kas paplašinās. Modelēšanas rezultātu analīzes un interpretācijas procesā, salīdzinot tos ar dabas eksperimenta rezultātiem, neizbēgami rodas pretrunas, kas ir iegants jau ap-

lūkoto modeļu modifikācijai, «paplašināšanai», kā arī jaunu modeļu ieviešanai. Pieļaujama un pat vēlama dažādu modeļu lietošana viena un tā paša procesa vai parādības aprakstīšanai, īpaša didaktiska nozīme var būt «melīgiem» modeļiem.

Dabaszinātņu kursā zināmā mērā tiek integrēta arī matemātika. Secīgas modelēšanas kontekstā daudzi matemātiski jēdzieni, paņēmieni un metodes iekļaujas dabiski, ar skaidru mērķi. Daudz mazāk iespējama pašreiz tipiska situācija, kad skolēni nevar lietot matemātikas stundās iegūtās zināšanas, lai risinātu konkrētus uzdevumus fizikas stundās.

Izklāstītās pieejas lietošana konceptuāli tuvina dabaszinātnes informātikai:

— dabaszinātņu metodoloģiskās puses akcentēšana saistīta ar plašu algoritmizācijas principu lietošanu;

— procesu un parādību modelēšanai nepieciešama aktīva skaitļotāja kā izziņas instrumenta apgūšana;

— apmācības problēmpieejas realizēšanai nepieciešamas pietiekami augsta līmeņa lietišķo programmu paketes.

SKAITĻOTĀJA DIDAKTISKO LĪDZEKĻU FUNKCIONĀLĀS LIETOŠANAS VISPĀRĒJAIS RAKSTUROJUMS

Skaitļotājs dod principiāli jaunas iespējas modelēšanas metodes lietošanai mācību procesā. Šajā aspektā izšķirošie faktori ir:

— iespēja veikt lielu skaitļošanas apjomu ar mazu reakcijas laiku, t. sk. nodrošināt nelineāru problēmu analīzi, kā arī reālā laika režīmu;

— iespēja apstrādāt lielu informācijas daudzumu ar mazu atlases laiku, apmācāmajam aktīvi mijiedarbojoties ar plašu informācijas bāzi, t. sk. zināšanu bāzēm;

— efektīva procesa vizualizācija, lietojot dinamisku grafiku, krāsu, skaņu;

— iespēja interaktīvā režīmā vadīt modelēšanas procesa gaitu, variējot parametrus, sākuma un robežnosacījumus.

Norādītās skaitļotāja īpašības ļauj izslēgt darbietilpīgus, pārāk sarežģītus vai citu iemeslu dēļ apmācāmajam nepieejamus modelēšanas procesa etapus, tādējādi radot iespēju aktīvi mijiedarboties ar dažādas sarežģītības modeļiem. Tāpēc kursa neatņemamai sastāvdaļai jābūt attiecīgiem SDL.

Apskatāmā kursa projektēšanā skaitļotājs pašā sākumā tiek apskatīts ne tikai kā jauns mācīšanās objekts vai kā nākamās profesionālās darbošanās līdzeklis; galvenā skaitļotāja funkcija šajā pieejā

— kalpot par izziņas instrumentu apmācības procesā. Atšķirībā no plaši izplatītās situācijas, kad skaitļotāju cenšas iekļaut jau esošajā struktūrā (ko nosaka apmācības tradicionālais saturs un metodes), ESM izmantošanas specifika cieši saistīta ar izglītības jauno saturu.

Konkrētos programmlīdzekļus — SDL — apskatāmajā kursā pēc to funkcionālās lietošanas var sadalīt sekojošās grupās:

— SDL, kas orientēti uz apmācāmā darba iemaņu iegūšanu darbam ar skaitļotāju un psiholoģiskās gatavības izstrādāšanu šim darbam;

— demonstrācijas SDL, kurus lieto, kad dabas eksperiments nav iespējams vai nav mērķtiecīgs;

— programmas-trenažieri, kas palīdz apgūt darbošanos pēc uzdotā algoritma vairāk vai mazāk sarežģītā situācijā (mēraparātu rādījumu nolasīšana u. tml.);

— programmlīdzekļi, kuri pārbauda un novērtē apmācāmā psihofizisko raksturojumu (testi, eksamenatori u. tml.);

— SDL, kas «izveido» skaitļotāja vidi modelēšanai [17—19].

Pēdējā SDL grupa ir visadekvātākā kursa izveides idejai un ļauj to maksimāli realizēt. Tieši kompjuterizācija ļauj pasniedzējam izmantot metodiku, kas balstās uz

plašu un sistemātisku matemātiskās modelēšanas metožu lietošanu, kas ir visadekvātākā dabaszinātņu cikla priekšmetu apgūšanas pieejai. Modelēšanas skaitļošanas vide ļauj apmācāmajam aktīvi mijiedarboties ar apgūstamo materiālu mācību pētnieciskās darbības procesā. Visbūtiskākais etaps modelēšanas skaitļošanas vides izveidē ir didaktiski efektīvas mācību darbības satura projektēšana, ņemot vērā skaitļotāja lietošanas psiholoģiski pedagoģiskās īpatnības dažāda vecuma skolēnu grupās [20—21].

Salīdzinot ar parastajām lietišķo programmu paketēm, ko lieto dažādu procesu un parādību modelēšanai, SDL uz matemātiskās modelēšanas metožu bāzes atšķiras ar pāreju no viena modelēšanas etapa uz citu, kā arī ar avotiem informācijas ieguvei, kura nepieciešama viena vai otra etapa realizēšanai (priekšmeta modeļa veidošana, matemātiska modeļa konstruēšana, risināšanas metodes izvēle, parametru skaitlisko vērtību noteikšana). Sevišķi šī mācību modelēšanas specifika ietekmē dabiskā eksperimenta rezultātu ieguves, attēlošanas un lietošanas veidu.

No apmācības viedokļa visinformatīvākie etapi ir modeļu izveide un rezultātu interpretācija. Izmantojot šajā etapā vizualizācijas līdzekļus (tabulas, grafikus, diagrammas, zīmējumus, dinamiskus attēlus u. c.), ļaujot lietotājam izvēlēties tam ērtāk pieejamo no šiem līdzekļiem, nosaka didaktisko principu realizācijas uzskatāmības pakāpi. Jāatzīmē, ka mācību modelēšanā svarīgi iegūt kvalitatīvi pareizus rezultātus iespējami minimālā laika sprīdī.

DABASZINĀTŅU KURSA GALVENO BLOKU SATURS

1. Apkārtējās pasaules iepazīšana.

Mitoloģiskā, reliģiozā, mākslas, dabaszinātniskā, filozofiskā pasaules redzēšana. Izzināšana. Pasaules aina. Pasaules uzskats.

2. Dabaszinātņu priekšmets. Pētīšanas metodes.

Dabaszinātņu objekti: «lieta»; kopīgā sistēma; pasaule cilvēka darbības aspektā. Pētīšanas metodes: novērojumi; dabas eksperiments; modelēšana; sistēmanalīze.

Zinātņu klasifikācija. Matemātika — dabaszinātnes valoda.

Skaitļotājs. Informātika. Skaitļošanas eksperiments.

3. Matērijas fundamentālās īpašības.

Vielu un lauku. Mijiedarbība. Saglabāšanās likumi. Kustība. Telpa un lauks. Vielas struktūra. Vielas stāvokļi.

4. Priekšstats par pasauli.

Visuma evolūcija. Saules sistēmas evolūcija.

5. Zemes izcelšanās un evolūcija.

Ģeoloģiskā evolūcija. Litosfēra. Atmosfēra. Hidrosfēra.

6. Dzīvības izcelšanās un evolūcija.

Dzīvā un nedzīvā matērija. Biosfēra. Ķīmiskā evolūcija. Organiskā evolūcija. Dzīvās matērijas organizācija. Organisma sistēmas. Evolūcijas mehānisms. Organismu izturēšanās.

7. «Saprātīgas» dzīvības izcelšanās un evolūcija.

«Saprātīga» dzīvība. Cilvēka smadzenes. Apziņa. Mākslīgais intelekts. Mērķtiecīga darbība un cilvēka rašanās. Cilvēka darbības evolūcija. Pasaule kā darbības sistēma. Mērķis, līdzekļi, rezultāts. Vajadzības un motīvi. Mērķu izvirzīšana.

Garīgās darbības kultūra un organizācija.

8. Civilizācija. Cilvēka un biosfēras savstarpējā iedarbība.

Noosfēra. Civilizācija.

Tehnika un tehnoloģija. Skaistums, harmonija, racionalitāte, mērķtiecīgums. Er-

gonomika, dizains un cilvēka darbības kultūra.

Tehniskā revolūcija. Tehnoloģiskā revolūcija. Informatīvā revolūcija, Zinātniski tehniskais progress.

Dzīves apstākļi uz Zemes. Dzīves apstākļu saglabāšana. Ekosistēmā. Cilvēka un biosferas koevolūcija.

Cilvēces globālās problēmas. Civilizācijas attīstības perspektīvas.

9. Cilvēks, Cilvēce un Kosmos.

Kosmisko faktoru ietekme uz cilvēku un tā darbību. Kosmiskā bioloģija. Kosmiskā medicīna.

Kosmiskās telpas apgūšana. Pasauļu daudzums. «Ārpuszemes» civilizācijas. «Saprātīgās» dzīves «alternatīvās» formas.

Tematiskā plāna piemērs, kas izveidots uz minētās programmas bāzes, kā arī apmācības programmas galvenie jautājumi, kas domāti vispārīzglītojošās vidusskolas 5. klasēm 34 stundām, doti [22].

NOBEIGUMS

Bez jaunā kursa izstrādes tradicionālajām problēmām (mācību metodiskā kompleksa sagatavošana, skolotāju sagatavošana u. c.) nepieciešama:

— piedāvātā kursa saturam adekvātu apmācības formu un metožu izstrāde, kas balstās uz darbības pieejas pēctecības pielietošanu;

— tradicionālo mācību darbības formu un metožu efektīva savienojuma meklēšana ar tās organizācijas un aktivizācijas principiāli jaunām iespējām ar skaitļošanas modelēšanas lietošanu;

— psiholoģiski pedagoģiskās diagnostikas sistēmu formēšana, kuras galamērķis ir kursa satura un mācību metodiskā kompleksa didaktiskās efektivitātes novērtēšana, kas pamatojas uz skolēnu domāšanas analīzi un radošo spēju attīstību kursa satura apgūšanas procesā, skolotājam operatīvi koriģējot mācību darbības formas un metodes.

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

1. О новом экспериментальном учебном плане // Математика в школе. — 1987. — № 6. — С. 15—19.
2. Об эксперименте по введению в общеобразовательной школе курса «Естествознание», подготовке и переподготовке учительских кадров // Биология в школе. — 1989. — № 6. — С. 51—52.
3. *Пейперт С.* Переворот в сознании: дети, компьютеры и плодотворные идеи. М.: Педагогика. — 1989. — 222 с.
4. *Монахов В. М.* Тенденции развития содержания общего среднего образования // Советская педагогика. — 1990. — № 2. — С. 17—21.
5. *Еришов А. П.* Компьютеризация школы и математическое образование // Программирование. — 1990. — № 1. — С. 5—25.
6. *Монахов В. М.* Что такое новая информационная технология? // Математика в школе. — 1990. — № 2. — С. 47—52.
7. Концепция курса «Естествознание» // Физика в школе. — 1988. — № 6. — С. 28—55.
8. *Дик Ю. И., Пинский А. А., Страут Е. К.* Проблема интеграции курсов физики и астрономии // Там же. — 1989. — № 1. — С. 23—27.
9. *Буланова Н. Л., Волков Д. В., Хозиев В. Б., Ширков П. Д.* Математическое моделирование и перспективы развития школьного образования (препринт). — М.: Инст. прикладной математики АН СССР. — 1987. — 10 с.
10. *Крутов А. Н., Павлов С. И., Цилевич Б. Л., Хозиев В. Б., Ширков П. Д.* Интегрированный курс «Естествознание»: деятельность, моделирование, компьютер // ЭВМ в образовании. Педагогические программные средства. — Р.: ЛУ. — 1989. — С. 29—34.

11. *Разумовский В. Г., Тарасов Л. В.* Развитие общего образования: интеграция и гуманитаризация // Народное образование. — 1988. — №7. — С. 3—10.
12. *Тарасов Л. В.* Необходимость перестройки преподавания естественных предметов на основе интегративно-гуманитарного подхода // Физика в школе. — 1989. — № 4. — С. 32—44.
13. *Самарский А. А.* Математическое моделирование и вычислительный эксперимент // Вестник АН СССР. — 1979. — № 5. — С. 38—49.
14. *Давыдов В. В.* Проблемы развивающего обучения, Опыт теоретического и экспериментального психологического исследования. — М.: Педагогика. — 1986. — 240 с.
15. *Библер В. С.* Школа диалога культур: Введение в программу // Прогнозное социальное проектирование. Методологические и методические проблемы. — М.: Наука. — 1989. — С. 190—203.
16. *Моисеев Н. Н.* Коэволюция человека и биосферы в век компьютеров // Вестник АН СССР. — 1982. — № 3. — С. 90—97.
17. *Фокин М. Л.* Дидактические требования к учебным моделирующим программам на ЭВМ // Основные аспекты использования информационной технологии обучения в совершенствовании методической системы обучения. — М.: НИИ СиМО АПН СССР. — 1987. — С. 37—54.
18. *Павлов С. И., Цилевич Б. Л.* Возможности применения метода математического моделирования для разработки педагогических программных средств // ЭВМ в образовании. Программное обеспечение: Межвузовский сборник научных трудов. — Р.: ЛГУ им. П. Стучки. — 1988. — С. 114—127.
19. *Cīlevičs B., Pavlovs S., Ustinovs N.* Par kompjūterapmācības tehnoloģijas izstrādi un pedagoģisko programmlīdzekļu projektēšanu uz matemātiskās modelēšanas bāzes un ar mākslīgā intelekta elementiem // LZA Vēstis. — 1990. — № 11. — 116.— 123. lpp.
20. *Рубцов В. В.* Ученик за компьютером: что можно, что нельзя // Народное образование. — 1989. — № 6. — С. 99—106.
21. *Рубцов В. В., Семенова М. А.* Компьютер как средство формирования и развития учебной деятельности школьников // Вопросы информатизации предметов гуманитарного цикла. — М.: НИИ СиМО АПН СССР. — 1989. — С. 22—31.
22. *Burlakovs L, Cilevičs B., Pavlovs S.* Dabaszinātņu ievada kurss (Uz modelēšanas bāzes). — R.: LU. — 1990. — 59 lpp.

Latvijas Universitātes
 Matemātikas un informātikas institūts

Iesniegts 09.01.91.